

*Д.В. БОГЛАЄНКО*, аспірант, НТУ «ХПІ»

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК ПАРОГАЗОВОЇ СУМІШІ В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРВІНІЛОВИХ ШПАЛЕР**

У статті наведений аналіз функціонування існуючої установки щодо ефективності знезараження шкідливих органічних сполук, які утворюються у виробництві хлорвінілових шпалер. Розроблені рекомендації для підвищення ступеню знешкодження газових викидів, в основі яких обґрунтована визначальна роль температурного режиму.

In the article the analysis of functioning and efficiency of the existing installation of neutralization of harmful organic compounds which are formed in production of the chlorvinyl wallpapers is given. The recommendations for increasing of a degree of neutralization of the gassings are developed, in which basis the defining role of a temperature conditions is justified.

Очистка газових викидів в атмосферу є одним із самих головних завдань при вирішенні чисельних екологічних проблем і забезпеченні техногенної безпеки.

Одним із видів навантажень підприємства по виробництву шпалер на оточуюче природне середовище є газові викиди в атмосферу, які вміщують небезпечні органічні сполуки. Тобто, очисні заходи, що передбачені у технологічній лінії підприємства, не забезпечують достатнього ступеню очистки. Тому і постає проблема оптимізації процесу знешкодження забруднюючих речовин газоповітряної суміші, що утворюється в процесі виробництва. На підприємстві організовано функціонування технологічної лінії по виробництву хлорвінілових шпалер. Парогазова суміш (ПГС), що відходить від технологічної лінії, сушильних шаф і камер спінювання пластизолу (речовина для зв'язування хлору), насичена вуглеводневими сполуками, такими як, формальдегід, толуол, ефіри фталевої кислоти, етилбензол, тетрагідрофуран та інші.

У якості очисної споруди застосовується піч для термічного обеззараження вуглеводневої суміші за рахунок тепла згоряння природного газу, конструкція якої наведена на рис. 1.



1 – горілка газова; 2 – топка печі (камерна); 3 – камера догорання; 4 – термоасляний підігрівач; 5 – канал домішування холодно́го повітря; 6 – підігрівач повітря; 7 – подача ПГС до печі; 8 – водяний економайзер; 9 – димохід.

Піч працює наступним чином: газоповітряна суміш, яка підігріта повітропідігрівачем, тангенціально подається в кільцевий простір, утворений внутрішньою поверхнею кожуха та зовнішньою поверхнею топки і далі у поворотну камеру, розташовану попереду печі. Із поворотної камери газоповітряна суміш надходить до аксіального завихрювача та газового пальника. Структура потоку газоповітряної суміші після завихрювача має конусоподібну воронку, у просторі якої знаходиться факел газового пальника. Таким чином, виконується головна умова майже вільного згоряння палива без передчасного охолодження факела. Після згоряння палива гарячі димові гази змішуються з основним потоком газоповітряної суміші, що призводить до термічного знешкодження шкідливих речовин, які знаходяться в суміші. Топка печі працює під розрідженням, яке дорівнює 70 – 80 Па. Температура контролюється термомпарою та повинна автоматично регулюватися за допомогою електронного регулятора.

Процес ведеться при температурах 680 – 720 °С, температура суміші перед входом до термомасляного підігрівача (4) у камері догоряння (3) близько 550 °С. Утилізація тепла знешкодження газів може здійснюватися за допомогою теплообмінних апаратів: термомасляного підігрівача (4), повітряного підігрівача (6) або водяного економайзера (8) в залежності від потреби якості теплової енергії. Димові гази видаляються за допомогою димоходу (9) через димар, висота якого 10 м, діаметр 0,5 м.

Експериментальні дані надали змогу провести оцінку ефективності функціонування установки термічного знешкодження. Так, органічні компоненти, що були у складі газоповітряної суміші на вході в систему знешкодження, були розкладені на більш прості нешкідливі речовини. В установку знезараження в цілому орієнтовно надходять 10 – 12 г/с забруднюючих речовин, а викидається в атмосферу 4 – 5 г/с, тобто ступінь перетворення небезпечних органічних сполук складає 48 – 50 %, і концентрація забруднюючих речовин на виході з димаря при наявному термічному режимі не відповідає прийнятим нормам по захисту атмосферного повітря.

У табл. 1 наведені максимально разові ГДК для деяких органічних сполук, по яким було встановлено перевищення норм.

Для наведених речовин були проведені розрахунки полів концентрацій в атмосфері (без врахування забудови – відповідно до ОНД – 86 для крапкових джерел).

Таблиця 1

ГДК для органічних речовин, для яких було зафіксовано перевищення норми

Речовина	Хімічна формула	ГДК мр, мг/м <sup>3</sup>	Концентрація max, од. ГДК
Додекан	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub>	0,008	11,47
Етилбензол	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	0,02	6,15
Ефір фталевої кислоти	COONC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	0,01	3,94
Тетрагідрофуран	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	0,2	1,57

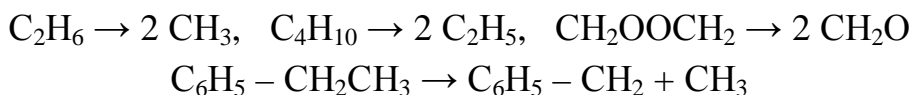
В цілях оптимізації процесу очистки була розроблена кінетична модель хімічного процесу знешкодження газоповітряної суміші та проведений аналіз роботи реактора (печі) стосовно цієї моделі.

Аналіз проводився за умовою, що процес деструкції підкоряється рівнянню Арреніуса, а саме формальної кінетики з нелінійною залежністю констант швидкостей хімічних реакцій від температури:

$$k_i = k_{oi} \exp\left(-\frac{E_i}{RT}\right)$$

де  $k_i$  – константа швидкості хімічної реакції;  $k_{oi}$  – передекспонента рівняння Арреніуса;  $E$  – енергія активації;  $R$  – універсальна газова постійна;  $T$  – температура, К.

На підставі літературних даних [1 – 3], в інтервалі температур 700 – 950 °С відбувається, у першу чергу, розрив зв'язків з утворенням більш простих сполук вуглеводнів, наприклад:



Другим етапом є взаємодія простих сполук з киснем повітря, приклади таких реакцій наведені у табл. 2.

Ці приклади показують загальні принципи й напрямок процесу. Вірогідність утворення тієї чи іншої сполуки з достатньою точністю розрахувати практично неможливо, крім того, у реакторі не моносуміш, а багатоскладова система, у якій можуть утворюватись непередбачені проміжні сполуки.

Деякі реакції взаємодії простих органічних сполук з киснем та їх константи швидкості

№ n/n	Реакція	Константа швидкості
1	$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \xrightarrow{K1} \text{CH}_3 + \text{HO}_2$	$10^{11} \exp(-55000/RT)$
2	$\text{CH}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{K2} \text{CH}_3\text{OO}$	$10^8$
3	$\text{HCO} + \text{O}_2 \xrightarrow{K3} \text{CO} + \text{HO}_2$	$10^8$
4	$\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 \xrightarrow{K4} \text{HCO} + \text{HO}_2$	$10^{11} \exp(-32000/RT)$

Константи швидкості основних етапів реакції хімічної моделі залежать від температури та її розподілу по об'єму суміші. Константи швидкостей першого і другого етапів протікання хімічних реакцій порівняльні, але енерговитрати на проведення процесу на першому етапі у 3 рази більше. Тому лімітуючою стадією буде перший етап, де, за літературними даними [4], найбільш доцільним інтервалом температур є інтервал 800 – 1000 °С.

Для встановлення коректного хімізму процесу необхідно проводити фізико-хімічні дослідження по зонам реактору, а результати цих досліджень будуть визначатись типом реактору та моделлю потоку в ньому. Крім того, модель потоку визначає поля розподілу температур у реакторі, що впливають на процес деструкції вуглеводнів на прості нешкідливі сполуки.

Для представленої конструкції реактора з урахуванням кінетичних особливостей процесу найбільш прийнятна комбінована модель, що має на початку зону ідеального змішування, а потім зону ідеального витискання, саме комбінована модель враховує інтенсивну циркуляцію в камері горіння. Використовуючи розрахункові рівняння для реактору ідеального змішування та проточного реактору ідеального витискання [5], був оцінений необхідний час перебування газової суміші в реакторі для досягнення ступеню перетворення 95 %, значення якого підтвердило, що повного обеззараження суміші при наявних порівняно низьких температурних умовах досягнуто бути не може.

Стосовно кисню, який подається з повітрям у систему знезараження, то, на підставі проведених балансових розрахунків матеріальних потоків реактору, був зроблений висновок, що його достатньо для повного згорання вуглеводнів. Співвідношення обсягів продуктів згорання газу і ПГС, що надходить на знешкодження, приблизно від 1 до 100.

Тому можна однозначно стверджувати, що ступінь і швидкість деструк-

ції шкідливих компонентів залежать від температури в реакторі. Чим вище температура, тим інтенсивніше і повніше протікає процес.

Зроблені висновки дозволили надати рекомендації наступного характеру:

- підняти температуру у камері горіння до 900 – 1000 °С;
- змінити конструкцію печі з ціллю підвищення часу перебування і досягнення гомогенного змішування реагуючих сумішей.

Повторні заміри концентрацій органічних сполук на виході ПГС із димаря після підняття температури у камері догорання (3) з 550 °С до 750 °С показали ступінь перетворення забруднюючих речовин у середньому до 80 %. У табл. 3 наведені дані щодо змін концентрацій забруднюючих органічних речовин після підвищення температури в установці термічного знезараження.

Таблиця 3

Концентрації органічних речовин до і після зміни температурного режиму

Речовина	Концентрація до, од. ГДК	Концентрація після, од. ГДК	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
Етилбензол $C_6H_5C_2H_5$	6,15	0,02	0,02
Ефір фталевої кислоти $COONC_6H_4COOC_2H_5$	3,94	0,4	0,01
Тетрагідрофуран $C_4H_8O$	1,57	0,3	0,2

В перспективі є варіант установки в зоні реактора перед виходом газового потоку в масляний підігрівач каталітичного конвертору, що дозволить інтенсифікувати процес знешкодження і досягти ступеня деструкції органічних складових газоповітряної суміші вище 90 %.

**Список літератури:** 1. Ямпольский Ю.П. Элементарные реакции и механизм пиролиза углеводородов. 2. Рейнгард, Хоффман. Механизмы химических реакций. – М.: Химия, 1979. – 300 с. 3. Бенсон. Термохимическая кинетика. – М.: Мир, 1971. – 308 с. 4. Полак Л.С. Применение вычислительной математики в химической и физической кинетике. – М.: Наука, 1969. – 280 с. 5. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1986. – 450 с.

Поступила в редколлегию 16.04.08